

아로니아로 제조한 와인의 항산화 활성

장혁순 · 이난희* · †최웅규**

한국교통대학교 식품공학과 대학원생, *대구한의대학교 메디푸드HMR산업학과 교수, **한국교통대학교 식품공학과 교수

Antioxidant Activities of Wine Fermented with Aronia (*Aronia melanocarpa*)

Hyeock-Soon Jang, Nan-Hee Lee* and †Ung-Kyu Choi**

Graduate School Student, Dept. of Food Science & Technology, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea

*Professor, Dept. of Medi-Food HMR Industry, Daegu Hanny University, Gyeongsan 38578, Korea

**Professor, Dept. of Food Science & Technology, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea

Abstract

This study investigated the antioxidant activities of wine made with aronia (*Aronia melanocarpa*). The ethanol concentration of the aronia wine was increased up to $7.8 \pm 0.1\%$ on the 8th day of fermentation. Compared to other types of wine, the total amount of organic acids was highest in raspberry wine, followed by grape wine, aronia wine, and aronia juice. Because, acetic, oxalic, and succinic acids were not detected in the aronia juice, but were detected in the aronia wine, it was determined that they were produced during alcohol fermentation. The polyphenol content in the aronia juice and wine was higher than in the grape wine and raspberry wine and was twice as much in the aronia wine than in the aronia juice. The flavonoid content in aronia juice and wine was higher than in commercial grape wine and raspberry wine. The DPPH radical scavenging ability was higher than 50% in the aronia wine and juice samples. ABTS radical scavenging activity was higher in aronia juice and wine than in raspberry wine and grape wine. The results of this study suggest that the development of wine with high antioxidant activity is possible if wine is made with aronia.

Key words: aronia, wine, antioxidant activity, ethanol concentration, organic acids

서 론

포도를 주원료로 양조된 와인은 프랑스를 비롯한 유럽이 주산지이며 프랑스인이 미국인에 비해 심혈관질환의 발병률이 낮다는 사실이 보고되면서 세계적으로 소비량이 확대되고 있다(Renaud & de Lorgeril 1992). 우리나라는 와인 수입이 전면 개방된 1990년도부터 유럽산 와인이 주로 수입되다가 한·칠레 자유무역협정 이후 중저가인 칠레산 와인의 수입량이 증가함에 따라 소비량과 소비계층 모두 확대되고 있다(Lee 등 2013). 이에 따라 국내에서도 복분자(Seo 등 2014), 머루(Kang 등 2009) 등 특산물을 이용한 와인의 개발이 활발하게 진행되고 있다.

아프리카가 원산지인 아로니아(*Aronia melanocarpa*)는 장

미과(Rosaceae)에 속하는 베리류의 식물열매로 폴리페놀, 비타민, 플라보노이드 등을 다량 함유하고 있어(Tanaka & Tanaka 2001) 열매를 약용 또는 식용으로 이용되고 있다(Chung HJ 2014). 우리나라에는 2006년에 도입되어 경북 상주, 전북 고창 및 충북 단양 등에서 주로 재배하고 있으나(Lee JA 2017) 특유의 강한 떫은맛과 신맛으로 생과로써 많은 공급량에 비해 소비가 활발하지 못하여 가격이 상대적으로 낮은 실정이며(Yun 등 2017), 주로 가공제품의 원료로 이용되고 있다(Yoon 등 2014).

아로니아의 기능성에 관한 연구로 아로니아에 함유된 안토시아닌에 의한 콜레스테롤 감소효과가 높으며(Kähkönen 등 1999), 이는 심혈관계와 소화기계 질환에 긍정적 효과를 보이는 것으로 확인된 바 있다(Sikora 등 2012). 또한 면역력증강

† Corresponding author: Ung-Kyu Choi, Professor, Dept. of Food Science & Technology, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea. Tel: +82-43-820-5242, Fax: +82-43-820-5240, E-mail: ukchoi@ut.ac.kr

과 압 예방(Handeland 등 2014; Hwang & Hwang 2015), 항염증(Ohgami 등 2005) 효과 등 다양한 가능성이 보고되고 있다.

아로니아는 재배면적의 확대와 항산화 활성 등이 밝혀지면서 아로니아를 활용한 요구르트 드레싱(Park 등 2015), 청포묵(Hwang & Thi 2014), 쿠키(Lee & Yoon 2016), 혼합 잼(Park 등 2016), 식빵(Yoon 등 2014), 막걸리(Lee 등 2014), 설기떡(Park EJ 2014)과 같은 다양한 가공제품이 개발되고 있다. 아로니아 와인에 관한 연구로 아로니아와 캠벨얼리의 혼합비율에 따른 아로니아의 품질특성과 향기성분이 분석된 바 있다(Yoon 등 2017).

본 연구진은 아로니아를 활용한 다양한 가공제품 개발의 일환으로 아로니아의 알코올 발효특성을 조사하여 보고한 바 있으며(Jang & Choi 2019), 본 연구에서는 아로니아 열매로 와인을 제조하여 항산화활성을 확인하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 시약

전라북도 무주군 설천면에서 2021년 수확된 아로니아를 현지 농장에서 구매하여 -70°C 로 급속 냉동시켜 보관하면서 사용하였다. 와인 제조에 사용된 효모는 *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 11215(이하 *S. cerevisiae*)를 이용하였고, 그의 분석에 이용된 시약은 모두 특급시약이었다.

2. 아로니아 와인 제조

와인 제조를 위해서 아로니아를 분쇄하여 must 형태로 만든 후 메타중아황산칼륨($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$)을 100 ppm이 되도록 첨가하여 6시간 동안 상온에서 방치한 후 설탕을 첨가하여 20° Brix로 맞추었다. 미리 배양해둔 *S. cerevisiae*를 전체 아로니아 즙 무게의 0.02%가 되게 접종한 후 18°C 에서 10일간 알코올 발효를 진행하면서 매 2일마다 샘플을 채취하여 분석에 이용하였다. 복분자 와인과 포도 와인의 경우 아로니아 와인과 동일한 방법으로 제조하여 대조구로 사용하였다.

3. 알코올 농도 측정

알코올 농도는 시료 100 mL를 알코올 증류장치로 증류한 다음 증류액을 약 70 mL 얻어낸 뒤 증류수를 첨가해 100 mL까지 맞추어 희석하였다. 희석액은 온도를 보정한 다음 전자알코올 측정기(Atago, PET-109, Tokyo, Japan)와 정밀 주정계로 주정환산표를 참고하여 알코올 농도를 측정했다. 가용성 고형물(Brix)은 시료를 채취해 원심분리기(Hanil, Micro-12, Korea)로 3,000 rpm, 15분간 원심분리한 뒤 상등액을 취하여 전자 당도계(Atago, PAL-1, Tokyo, Japan)를 이용해 측정했다.

4. 유기산 함량 분석

유기산 분석을 위해서 아로니아 와인 시료를 3,000 rpm에서 15분간 원심 분리한 뒤 상등액을 취해 $0.45\ \mu\text{m}$ membrane filter로 여과한 후, Sep-pak cartridge C_{18} (Waters Associates, Milford, MA, USA)에 통과시켜 불순물을 제거한 용액을 시료로 사용하였으며 Sunfire C_{18} $5\ \mu\text{m}$ 컬럼을 장착한 HPLC(Agilent 1260 Series, Agilent Technologies, CA, USA)를 이용해 분석하였다. 이동상은 $0.01\text{N H}_2\text{SO}_4$, 유속은 $1.0\ \text{mL}/\text{min}$, 시료 주입량은 $10\ \mu\text{L}$ 로 하였으며, UV 210 nm에서 검출했다. 표준물질은 acetic, citric, malic, tartaric, succinic, oxalic 및 lactic acid (Sigma-Aldrich Co, St Louis, MO, USA)을 정량분석에 사용하였다.

5. 총 폴리페놀 함량 분석

Folin-Denis법(Gutfinger T 1981)을 변형하여 각각의 시료 원액 1.0 mL에 1.0 N Folin-Ciocalteu 시약 및 20% Na_2CO_3 용액을 각 1.0 mL씩 차례로 가한 다음 실온에서 30분 정치한 후 UV-Vis Spectrophotometer(UV-2450, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 0~200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도로 제조하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 표준 검량선으로부터 시료 추출물의 총 페놀 함량을 산출하였고, gallic acid equivalents(mg GAE/100 mL)로 나타내었다.

6. 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Jia 등(1999)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 시료 원액 250 μL 에 5% NaNO_2 75 μL 를 첨가하여 상온에서 5분간 반응시킨 후에 10% AlCl_3 150 μL 를 첨가하였다. 이 용액에 1 M NaOH 0.5 mL와 증류수 275 μL 를 첨가한 뒤 UV-Vis Spectrophotometer(Optizen 3220UV, Mecasys Co., Korea)로 510 nm에서 흡광도를 측정하였으며, catechin을 표준물질로 하여 0~1 mg/mL의 농도 범위에서 얻어진 표준 검량선으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

7. DPPH radical 소거 활성 측정

아로니아 와인의 DPPH 자유라디칼에 대한 환원력은 Blois MS(1958)의 방법에 따라 측정하였다. 에탄올에 녹인 0.2 mM DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) 용액 0.8 mL에 시료 원액 0.2 mL를 혼합하여 15분간 반응 후, UV-Vis Spectrophotometer로 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성대조군으로 항산화제인 butylated hydroxyanisole(BHA)(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. 각 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성(EDA)은 다음과 같이 나타내었다.

$$\text{EDA (\%)} = \frac{(\text{Blank O.D.} - \text{Sample O.D.})}{\text{Blank O.D.}} \times 100$$

8. ABTS를 이용한 총 항산화력 측정

ABTS[2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] 라디칼을 이용한 항산화력의 측정은 Erkan 등(2008)의 방법을 변형하여 사용하였다. 7 mM ABTS 용액과 2.45 mM potassium persulfate를 암실에서 12~16시간 동안 반응시켰다. 이를 734 nm에서 흡광도가 1.5가 되도록 증류수로 조정한 후 200 μL 를 취하고, 시료 원액 20 μL 를 가하여 실온에서 10분간 반응시켜 UV-Vis Spectrophotometer를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

9. 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하여 평균과 표준편차로 나타내었으며, 각 구간 유의성 검증은 IBM SPSS Statistics 20 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 one-way ANOVA 검정을 시행하여 유의성이 나타난 경우, 유의성 비교는 Duncan's 다중범위 검정법($p < 0.05$)을 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 알코올 발효에 따른 Ethanol 함량과 산도 변화

아로니아 와인의 발효기간에 따른 에탄올 함량과 산도의 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 에탄올 농도는 발효 2일째에 $4.8 \pm 0.1\%$ 를 나타내었으며 8일째와 10일째에 각각 $7.8 \pm 0.1\%$ 와 $7.9 \pm 0.1\%$ 로 유의적 차이가 없어 8일째에 발효가 종료되는 것으로 판단하였다. 이는 당근 주스에 효모를 접종시켜 알코올 발효를 실시한 결과 6-8일 정도 경과한 후 발효가 종료되었으며, 원료의 당함량이 높은 경우 발효가 더 지속되었다는 Lee 등(2016)의 보고와 유사한 결과이다. Maisonnave 등(2013)은 폴리페놀과 안토시아닌이 다량 함유된 블루베리의 알코올 발효 시 발효속도가 느리다고 보고하였는데 본 연구에서 아로니아의 경우 알코올 발효에서의 장애는 관찰되지 않고 원활하게 진행되는 것으로 판단되었다. Lee 등(2014)은 아로니아를 첨가하여 막걸리를 제조한 결과 아로니아 20% 첨가시 알코올 발효가 억제되었으며, 색도 변화와 발효특성을 고려하여 12%를 첨가하는 것이 가장 좋다고 보고한 바 있다. 본 연구결과에서 최종 알코올 농도가 7.9%로 막걸리와 포도 와인 등에 비해 낮은 이유도 이와 유사할 것으로 보이며 향후 다른 과일과의 혼합배양을 통한 고농도 알코올 발효에 관한 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

총 산도는 아로니아 착즙액에서 $0.20 \pm 0.02\%$ 로 나타났으

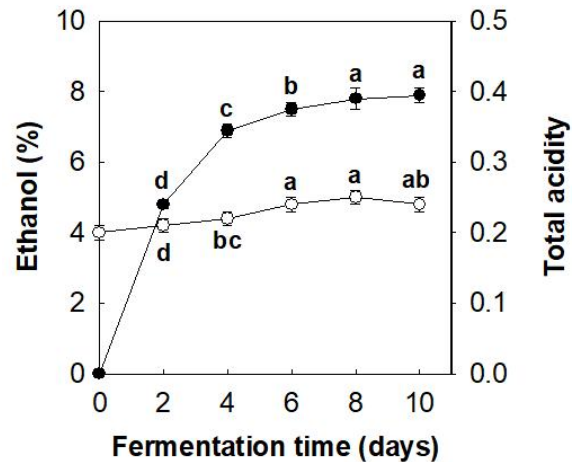


Fig. 1. Changes in the ethanol content and total acidity of aronia wine for the fermentation time (days). ●-●, ethanol; ○-○, total acidity. ^{a-d}Different superscripts indicate significant difference at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. Values are means \pm standard deviations of triplicate determinations.

며, 발효가 진행되면서 미세하게 증가하여 발효 8일째 $0.25 \pm 0.01\%$ 로 확인되었다. 총 산도에 영향을 미치는 성분은 대부분 유기산들로 발효가 진행됨에 따라 유기산 함량도 약간 증가할 것으로 예상된다. Lee 등(2014)은 아로니아 첨가 막걸리의 산도가 0.67~0.37%의 범위를 나타내어 본 연구결과와 유사한 결과를 보고한 바 있다.

2. 유기산 함량 비교

아로니아 착즙액과 와인의 유기산 함량을 분석한 결과는 Table 1에 나타낸 바와 같다. 유기산은 acetic, citric, malic, oxalic, succinic, tartaric 및 lactic acid 등 7종이 분석되었다. 유기산의 총량은 복분자 와인이 $710.2 \pm 13.0 \text{ mg}\%$ 로 가장 높았으며, 포도 와인($661.4 \pm 5.8 \text{ mg}\%$), 아로니아 와인($298.6 \pm 23.7 \text{ mg}\%$) 아로니아 착즙액($111.4 \pm 10.1 \text{ mg}\%$) 순으로 높게 나타났다. Acetic acid, oxalic acid 및 succinic acid는 아로니아 착즙액에서는 검출되지 않았으나 아로니아 와인에서는 검출되어 알코올 발효과정에서 생성되는 것으로 판단되었다. 아로니아 와인의 malic acid의 함량이 $92.2 \pm 24.2 \text{ mg}\%$ 로 가장 높게 나타나 malo-lactic fermentation을 유도시켜 lactic acid로 전환시킬 수 있는 방안의 마련이 필요할 것으로 사료되었다. 대추 추출물로 와인을 제조한 후 유기산 함량을 확인한 연구(Eom 등 2016)에서 malic acid는 발효가 진행됨에 따라 감소하는 경향을 보였고, citric, lactic 및 succinic acid는 증가하는 경향을 보였음을 보고한 바 있으며, 발효 12일째의 citric과

Table 1. The contents of organic acid in aronia juice, aronia wine, red grape wine and bokbunja wine (mg%, w.b.)

Organic acid	AJ	AW	RW	BW
Acetic	ND	29.7±4.8 ^c	118.1±5.3 ^a	68.5±2.3 ^b
Citric	7.5±0.1 ^d	12.1±4.6 ^c	28.1±0.7 ^b	556.0±13.2 ^a
Malic	42.1±10.4 ^b	92.2±24.2 ^a	39.4±2.4 ^c	36.4±3.0 ^c
Oxalic	ND	28.0±0.8 ^a	24.3±0.2 ^b	22.0±0.1 ^c
Succinic	ND	15.4±0.9 ^c	49.3±0.5 ^a	27.3±5.3 ^b
Tartaric	45.0±1.9 ^c	57.1±0.6 ^b	143.9±0.8 ^a	ND
Lactic	16.8±0.2 ^c	64.1±1.7 ^b	258.3±4.2 ^a	ND
Total	111.4±10.1 ^d	298.6±23.7 ^c	661.4±5.8 ^b	710.2±13.0 ^a

^{a-d}Different superscripts indicate significant difference at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Values are means±standard deviations of triplicate determinations.

AJ, aronia juice; AW, aronia wine; RW, red grape wine; BW, bokbunja wine.

succinic acid 함량은 아로니아 와인보다 많이 함유된 반면 malic, lactic 및 tartaric acid는 함량이 낮은 것으로 보고된 바 있다. 과일 와인에서 citric acid는 와인 향에 신선함을 증가시키고 malic acid는 와인의 강한 신맛을 주는 것으로 알려져 있어 향후 발효기간에 따른 유기산 함량의 변화에 관한 연구가 필요할 것으로 판단되었다. 아로니아에 함유된 유기산의 종류와 농도는 안토시아닌 색소의 안정성에 관여하며, 그 중 구연산이 색소를 가장 안정적으로 유지시키는 것으로 보고 되어 있다(Hwang & Ki 2013). 본 연구결과 아로니아 와인의 구연산 함량은 7.5±0.1 mg%로 대조구인 복분자와인과 포도 와인보다 낮게 나타나 향후 아로니아 와인의 저장 중 안토시아닌의 안정성과 색도변화 등에 관한 연구가 추가로 진행되어야 할 것으로 판단되었다.

3. 총 polyphenol 함량과 flavonoid 함량 비교

아로니아 착즙액과 와인의 폴리페놀과 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 Table 2에 나타내었다. 아로니아 착즙액과 와인의 폴리페놀 함량은 각각 54.9±0.2 mg GAE/100 mL과 95.4±1.3 mg GAE/100 mL으로 나타나 대조구로 사용된 포도 와인(38.2±0.1 mg GAE/100 mL)과 복분자 와인(37.5±0.4 mg

GAE/100 mL)보다 높은 함량을 나타내는 것으로 확인되었다. 또한, 아로니아 착즙액보다 와인에서 2배 가량 증가하였는데 이는 알코올 발효 시 발효조 안에 아로니아 껍질과 과육 등 고형분을 모두 제거하지 않고 발효시켰기 때문에 껍질에 있는 폴리페놀 물질이 발효 중에 용출되어 높게 나타난 점 (Park 등 2014)과 페놀성 화합물의 중합체인 탄닌이 많은 아로니아의 발효과정에서 분해에 의해 페놀을 포함하는 작은 분자량의 화합물로 분해됨에 따라 증가된 것으로 사료되었다. Yoon 등(2017)은 포도나 거봉은 생리활성 물질이 풍부한 과일 껍질을 그대로 이용하여 제조하는 식품이긴 하지만 과육의 부피가 커서 안토시아닌 및 생리활성 물질이 아로니아에 비해 적게 함유될 수밖에 없다고 보고하였는데 본 연구에서도 유사한 결과를 나타냈다. 폴리페놀은 활성 산소를 안정화하는 항산화력을 가진 식품에 존재하는 화합물이며 유익한 생리활성을 유도하는 물질로 기능성 식품의 지표로 활용되는 성분으로 본 연구결과 아로니아 와인은 포도 와인과 복분자 와인과의 비교하여 높은 항산화 활성을 기대할 수 있을 것으로 사료된다. Lee JA(2017)는 아로니아 분말을 첨가한 양금을 제조하여 총 폴리페놀 함량을 확인한 결과 아로니아 분말 10% 첨가구에서 대조구에 비해 8.1배 가량 증가한다고

Table 2. The content of polyphenols and flavonoids in aronia juice, aronia wine, red grape wine and bokbunja wine

Organic acid	AJ	AW	RW	BW
Total polyphenol [mg GAE/100 mL (w.b.)]	54.9±0.2 ^b	95.4±1.3 ^a	38.2±0.1 ^c	37.5±0.4 ^d
Total flavonoid [mg/CE/100 mL (w.b.)]	20.4±0.3 ^b	28.5±0.2 ^a	15.9±0.1 ^c	12.9±0.4 ^d

^{a-d}Different superscripts indicate significant difference at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Values are means±standard deviations of triplicate determinations.

GAE, gallic acid equivalents; CE, catechin equivalents; AJ, aronia juice; AW, aronia wine; RW, red grape wine; BW, bokbunja wine.

보고한 바 있다.

아로니아 착즙액과 와인의 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 폴리페놀 함량과 유사한 경향을 나타냄을 확인할 수 있었다. 즉, 아로니아 착즙액과 와인의 플라보노이드 함량은 각각 20.4 ± 0.3 mg CE/100 mL과 28.5 ± 0.2 mg CE/100 mL로 나타나 대조구로 사용된 포도 와인(15.9 ± 0.1 mg CE/100 mL)과 복분자 와인(12.9 ± 0.4 mg CE/100 mL)보다 높은 함량을 나타내는 것으로 확인되었으며, 아로니아 착즙액보다 와인에서 1.5배 가량 높게 나타났는데 아로니아 착즙액에서 알코올 발효가 지속되는 동안 플라보노이드 성분이 용출되었기 때문인 것으로 판단된다.

아로니아 분말에는 폴리페놀, 플라보노이드, 안토시아닌 등과 같은 항산화 성분들이 존재하며(Häkkinen 등 1999) 이들 물질들은 아로니아와 가공제품의 항산화활성에 기여하는 것으로 사료된다. Kim 등(2004)은 식물체의 항산화 활성과 총 폴리페놀 함량 양의 상관관계가 있고 총 플라보노이드 함량보다는 총 폴리페놀의 함량이 항산화 활성에 더 영향을 미치는 것으로 보고한 바 있다.

4. DPPH radical 소거능

아로니아 착즙액과 와인의 DPPH radical 소거능을 측정된 결과는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 아로니아 와인에서 $58.3 \pm 1.3\%$ 로 가장 높게 나타났으며, 아로니아 착즙액($57.2 \pm 1.2\%$), 포도 와인($56.5 \pm 1.5\%$) 및 복분자 와인($38.5 \pm 1.2\%$)의 순으로 나타났다. 아로니아 와인의 DPPH radical 소거능이 포도 와인보다 높게 나온 것은 적포도로 제조한 와인의 DPPH 라디칼 소거능이 아로니아 첨가량에 비례하여 증가한다는 보고와 일치하며, 데미글라스 소스(Oh WK 2021)와 청포묵(Hwang & Thi 2014)에 각각 아로니아를 첨가한 하여 DPPH 라디칼 소거능을 확인한 결과 아로니아 분말 첨가량이 많아짐에 따라 소거능이 증가한다는 보고 등을 종합해 볼 때 아로니아의 첨가는 다양한 식품의 항산화활성 증가에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단된다.

5. ABTS radical 소거활성

아로니아 착즙액과 와인의 ABTS radical 소거능을 측정된 결과는 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 아로니아 착즙액과 와인이 각각 $56.4 \pm 1.2\%$ 와 $57.1 \pm 1.7\%$ 로 가장 높게 나타났으며 이들 간의 유의적인 차이는 없었다. 그 다음으로 포도 와인($52.7 \pm 1.5\%$)과 복분자 와인($42.4 \pm 1.4\%$)의 순으로 나타났다. Park & Kim(2018)은 아로니아의 동결건조 추출물의 DPPH 및 ABTS radical 소거능이 열풍건조추출물보다 유의적으로 높은 것으로 보고한 바 있으며, Lim 등(2015)은 아사이베리, 블루베리, 산수유 및 오디 등에 비해 아로니아의 ABTS 활성이 높음을

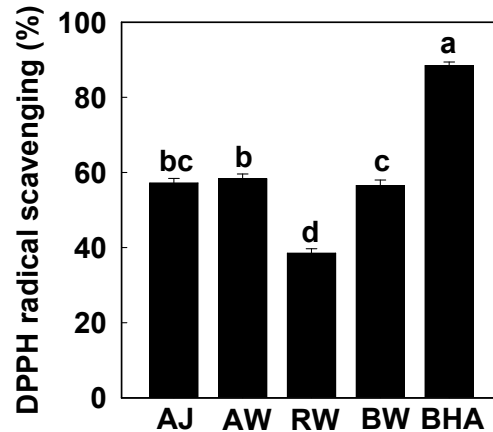


Fig. 2. DPPH radical scavenging effects of aronia juice, aronia wine, red grape wine and bokbunja wine. ^{a-d}Different superscripts indicate significant difference at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. Values are means \pm standard deviations of triplicate determinations. AJ, aronia juice; AW, aronia wine; RW, red grape wine; BW, bokbunja wine; BHA, butylated hydroxyanisole (1,000 ppm).

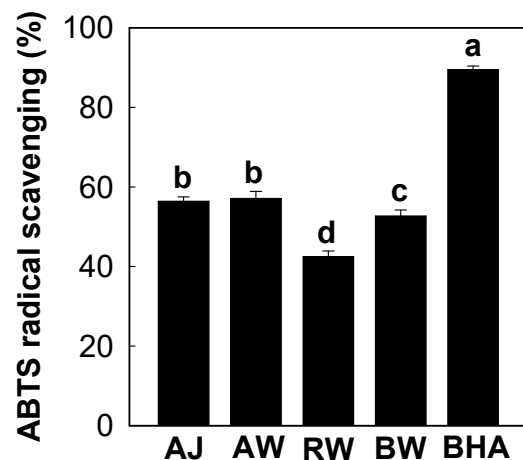


Fig. 3. ABTS radical scavenging effects of aronia juice, aronia wine, red grape wine and bokbunja wine. ^{a-d}Different superscripts indicate significant difference at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. Values are means \pm standard deviations of triplicate determinations. AJ, aronia juice; AW, aronia wine; RW, red grape wine; BW, bokbunja wine; BHA, butylated hydroxyanisole (1,000 ppm).

확인한 바 있다.

본 연구결과 아로니아로 와인을 제조할 경우 DPPH radical 소거활성과 ABTS radical 소거능 등 항산화활성이 우수한 와인의 개발이 가능할 것으로 판단되며, 향후 알코올 농도를

상승시키기 위하여 다른 과일류와 혼합한 단발효주의 개발 또는 다양한 곡물류에 적용한 병행복 발효주의 개발이 추가로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 아로니아를 이용하여 와인을 제조한 후 항산화활성을 조사하였다. 아로니아 와인의 에탄올 농도는 발효 8일째 7.8±0.1%를 나타낸 후 더 이상 증가하지 않았다. 총산도는 발효가 진행되면서 미세하게 증가하였다. 유기산의 총량은 복분자 와인, 포도 와인, 아로니아 와인, 아로니아 착즙액의 순으로 높게 나타났다. Acetic, oxalic 및 succinic acid는 아로니아 착즙액에서는 검출되지 않았으나 아로니아 와인에서는 검출되어 알코올 발효과정에서 생성되는 것으로 판단되었다. 아로니아 착즙액과 와인의 폴리페놀 함량은 포도 와인보다 복분자 와인보다 높은 함량을 나타내었으며, 아로니아 착즙액보다 와인에서 2배 가량 증가하였다. 아로니아 착즙액과 와인의 플라보노이드 함량은 포도 와인과 복분자 와인보다 높은 함량을 나타내는 것으로 확인되었으며, 아로니아 착즙액보다 와인에서 1.5배 가량 높게 나타났다. DPPH radical 소거능은 실험에 활용된 아로니아 주스와 와인 모두에서 50% 이상으로 높게 나타났다. ABTS radical 소거능은 아로니아 착즙액과 와인이 복분자 와인과 포도 와인보다 높은 것으로 나타났다. 본 연구결과 아로니아로 와인을 제조할 경우 항산화활성이 우수한 와인의 개발이 가능할 것으로 판단되며, 향후 알코올 농도를 상승시키기 위한 추가연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

References

- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Chung HJ. 2014. Comparison of total polyphenols, total flavonoids, and biological activities of black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1349-1356
- Eom IJ, Choi JI, Kim IH, Kim TH, Kim SH. 2016. Changes in the physicochemical and antioxidant characteristics during the fermentation of jujube wine using hot water extract of dried jujube. *J Life Sci* 26:1298-1307
- Erkan N, Ayranci G, Ayranci E. 2008. Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, blackseed (*Nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol. *Food Chem* 110:76-82
- Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 58:966-968
- Häkkinen S, Heinonen M, Kärenlampi S, Mykkänen H, Ruuskanen J, Törrönen R. 1999. Screening of selected flavonoids and phenolic acids in 19 berries. *Food Res Int* 32:345-353
- Handeland M, Grude N, Torp T, Slimestad R. 2014. Black chokeberry juice (*Aronia melanocarpa*) reduces incidences of urinary tract infection among nursing home residents in the long term—a pilot study. *Nutr Res* 34:518-525
- Hwang ES, Ki KN. 2013. Stability of the anthocyanin pigment extracted from aronia (*Aronia melanocarpa*). *Korean J Food Sci Technol* 45:416-421
- Hwang ES, Thi ND. 2014. Quality characteristics and antioxidant activities of cheongpomook added with aronia (*Aronia melanocarpa*) powder. *Korean J Food Cookery Sci* 30:161-169
- Hwang Y, Hwang ES. 2015. Quality characteristics and antioxidant activity of sulgidduk prepared by addition of aronia powder (*Aronia melanocarpa*). *Korean J Food Sci Technol* 47:452-459
- Jang H, Choi UK. 2019. Alcoholic fermentation characteristics for the manufacture of aronia vinegar. *J Biotechnol Bioind* 7:40-45
- Jia Z, Tang M, Wu J. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64:555-559
- Kähkönen MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Rauha JP, Pihlaja K, Kujala TS, Heinonen M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J Agric Food Chem* 47:3954-3962
- Kang BT, Yoon OH, Lee JW, Kim SH. 2009. Qualitative properties of wild grape wine having different aging periods. *Korean J Food Nutr* 22:548-553
- Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 36:333-338
- Lee HR, Hwang IW, Ha HT, Chung SK. 2013. The antioxidant capacities of imported red wines (*Cabernet sauvignon*) from US and Chile. *Korean J Food Preserv* 20:608-613
- Lee JA, Yoon JY. 2016. The quality and antioxidant properties of cookies containing aronia powder. *Culin Sci Hosp Res* 22:179-189
- Lee JA. 2017. Quality characteristics and antioxidant effects of

- white bean paste added aronia powder. *Culin Sci Hosp Res* 23:29-37
- Lee SA, Kim GW, Hwang ES, Shim JY. 2014. Stability of anthocyanin pigment in aronia *makgeolli*. *Food Eng Prog* 18:374-381
- Lee Y, Ahn Y, Seo W. 2016. Carrot vinegar fermentation by independent two-step fermentation process and its physiochemical characteristics. *J Agric Life Sci* 50:151-164
- Lim HJ, Lee HJ, Lim MH. 2015. Antioxidant activity of acai berry, blueberry, corni, and mulberry. *Korean J Aesthet Cosmetol* 13:445-452
- Maisonnavé P, Sanchez I, Moine V, Dequin S, Galeote V. 2013. Stuck fermentation: Development of a synthetic stuck wine and study of a restart procedure. *Int J Food Microbiol* 163:239-247
- Oh WK. 2021. Antioxidant activities and quality characteristics of demi-glass sauce added with aronia (*Aronia melanocarpa*) powder. *Culin Sci Hosp Res* 27:218-228
- Ohgami K, Ilieva I, Shiratori K, Koyama Y, Jin XH, Yoshida K, Kase S, Kitaichi N, Suzuki Y, Tanaka T, Ohno S. 2005. Anti-inflammatory effects of aronia extract on rat endotoxin-induced uveitis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 46:275-281
- Park EJ. 2014. Quality characteristics of *sulgidduk* added with aronia (*Aronia melanocarpa*) powder. *J East Asian Soc Diet Life* 24:646-653
- Park KB, Kwon SY, Moon JH. 2015. Quality characteristics of aronia (*Aronia melanocarpa*) juice added yogurt dressing. *Korean J Culin Res* 21:206-217
- Park MH, Kim B. 2018. Antioxidant and anti-inflammatory activities in freeze-dried and hot air-dried aronia (*Aronia melanocarpa*) extracts. *Food Eng Prog* 22:315-320
- Park SH, Park JH, Noh JG, Shin H, Lee SH, Kim Y, Eom HJ. 2016. Quality characteristics and antioxidant activities of aronia jams added with apple. *Korean J Food Preserv* 23:180-187
- Park SJ, Choi YB, Ko JR, Kim YE, Lee HY. 2014. Enhancement of antioxidant activities of blueberry (*Vaccinium ashei*) by using high-pressure extraction process. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:471-476
- Renaud S, de Lorgeril M. 1992. Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. *Lancet* 339:1523-1526
- Seo SH, Yoo SA, Kang BS, Son HS. 2014. Quality characteristics of Korean black raspberry *Bokbunja* wines produced using different amounts of water in the fermentation process. *Korean J Food Sci Technol* 46:33-38
- Sikora J, Broncel M, Markowicz M, Chałubiński M, Wojdan K, Mikiciuk-Olasik E. 2012. Short-term supplementation with *Aronia melanocarpa* extract improves platelet aggregation, clotting, and fibrinolysis in patients with metabolic syndrome. *Eur J Nutr* 51:549-556
- Tanaka T, Tanaka A. 2001. Chemical components and characteristics of black chokeberry. *J Jpn Soc Food Sci Technol* 48:606-610
- Yoon HS, Kim JW, Kim SH, Kim YG, Eom HJ. 2014. Quality characteristics of bread added with aronia powder (*Aronia melanocarpa*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:273-280
- Yoon HS, Park H, Park J, Jeon J, Jeong C, Choi W, Kim S, Park JM. 2017. Quality characteristics and volatile flavor components of aronia wine. *Korean J Food Nutr* 30:599-608
- Yun JU, Jung KE, Kim DH, Nam KH, Sim KB, Jang MS. 2017. Quality characteristics of fried fish paste with squeezed *Aronia melanocarpa* juice. *Korean J Food Preserv* 24:13-20

Received 14 August, 2023

Revised 23 October, 2023

Accepted 03 November, 2023